

Japanese Patent Laid-open Publication No. SHO 54-003879 A

Publication date: January 12, 1979

Applicant: HITACHI LTD

Title: METHOD FOR ENHANCING INTERLAYER STRENGTH OF
5 COMPOSITE MATERIAL

SPECIFICATION

1. Title of the Invention

METHOD FOR ENHANCING INTERLAYER STRENGTH OF COMPOSITE
10 MATERIAL

2. Scope of Claim for Patent

A method for enhancing interlayer strength of a
composite material comprising a step of mixing fiber chips
15 between layers of a composite material including a
reinforcing material in a matrix, to enhance the interlayer
strength.

3. Detailed Explanation of the Invention

20 The present invention relates to a method for
enhancing interlayer strength of a composite material
including a reinforcing material in a matrix.

When a matrix is reinforced using continuous fiber in
the composite material, if a load is applied in the
25 direction of the fiber, since the fiber bears much of the

load, the strength thereof is extremely enhanced. However, since the fiber does not bear any strength in a direction perpendicular to the direction of the fiber, entire strength depends on an adhering strength between the fiber and the matrix. The same can be said also for strength in a laminating direction of a laminated material. Fig. 1 is a tensile stress and strain line diagram in the fiber direction of a unidirectional reinforcing FRP and a direction perpendicular to the fiber direction (interlayer direction). In Fig. 1, a reference symbol A represents a stress-strain line in the fiber direction, and B represents a stress-strain line in the interlayer direction. It is found that when a load is applied in the interlayer direction, the interlayer strength is small.

As a method for enhancing, even slightly, a low interlayer strength, there are a conventional method in which a surface of a reinforcing fiber is smoothened using surface treatment agent and adhesive leakage between the reinforcing fiber and resin matrix is enhanced, and a conventional method in which interlayer interfaces are crimped by preload.

The method for enhancing the adhesive leakage of the fiber surface by using the surface treatment agent is not a special method, and this method is currently employed for most of fiber raw materials. However, as compared with a

material which is substantially not subjected to the treatment, the enhancement of the interlayer strength is very slight. The same can be said also for the crimping method.

5 In view of the above circumstances, it is an object of the present invention to enhance the interlayer strength of a composite material, i.e., to improve the strength in a direction perpendicular to the fiber of a unidirectional reinforcing composite material.

10 Although the fiber direction is sufficiently taken into consideration in a conventional filament winding method and a laminating method, not so much attention is paid to the strength in a direction perpendicular to the fiber direction, and fibers remain oriented in one
15 direction. Since the interfaces having weakest strength are arranged in one direction, if a crack is generated from this weakest portion, the crack is propagated along the interfaces and thus, proceeding-preventing resistance of the crack is small. For this reason, fiber chips (chipped
20 strand is short) are scattered on the oriented fibers, thereby blocking the proceeding direction of the crack.

 An embodiment of the present invention will be explained with reference to the accompanying drawings.

 If sapphire (Al_2C_3) whiskers are used as a reinforcing
25 material in an Al alloy, or if carbon fiber is coated with

SiC and this is left in a matrix and optimal thermal treating condition is given, crystals 2 grow from a fiber 1 as shown in Fig. 2. If the fiber chips are used for the reinforcing fiber, its strength can be enhanced in the fiber direction and also in a direction of the growing fiber.

If glass fiber which is often used as a reinforcing material such as an FRP is used, since it is amorphous, the above-described crystal growth can not be expected. Thus, in order to prevent the proceeding of crack generated between the layers of fiber, fiber chips 4 which are reinforcing materials are randomly interposed between the flat fiber layers of the unidirectional reinforcing fiber 3 in the filament winding method shown in Fig. 3 and the laminating method shown in Fig. 4. With this arrangement, the weakest surfaces are not arranged on one straight line, and become a complicated path. A toughness value is increased by the strength of the fiber chips 4 of certain degree. It is not ideal if the fiber chips 4 are mixed and the longitudinal direction of the fiber chips 4 is perpendicular to the reinforcing fiber 3. However, it is difficult to arrange the chips in this manner in terms of a producing method. However, even if the fiber chips 4 are randomly oriented, this is sufficient to enhance the strength of interface.

A specific method for mixing the fiber chips 4 will be shown in Figs. 5 and 6.

In the filament winding method shown in Fig. 5, a roving 5 is cut using a cutter 6 at a winding step to form the fiber chips 4, the fiber chips 4 are put into the reinforcing fiber 3, and the reinforcing fiber 3 is wound at the same time.

In the laminating and pressurizing method shown in Fig. 6, a blower 7 blows the fiber chips 4 between the reinforcing fibers 3 which are laminated and in a semi-hardened state and then, this step is repeated to pressurize and harden the reinforcing fiber 3. According to this method, as compared with when the fiber chips 4 are not mixed, since a space formed between the layers slightly widen, the volume content of the reinforcing fiber 3 is slightly reduced, and the strength in the fiber direction is slightly deteriorated. However, there is no current composite material whose high strength in the fiber direction is sufficiently utilized. In this respect, there is a merit that the interlayer strength is enhanced.

As a method for enhancing the interlayer strength, three-dimensional fibers have been developed in recent years, but this is expensive and the strength in the fiber direction is reduced by half by stress concentration caused

by bending of fiber. Therefore, the method of the present invention is perceived excellent.

As explained above, according to the present invention, when the composite material is applied to the reinforcing member, the interlayer strength which has been the bottleneck can significantly be enhanced as compared with the conventional member. By the enhancement, the use thereof is increased, the producing cost is the same as that of the conventional technique, other features are maintained as they are and thus, the invention has a practical effect.

4. Brief Description of the Drawings

Fig. 1 depicts tensile stress-strain of a conventional unidirectional reinforcing FRP; Fig. 2 depicts a growing state of crystal of a crystalline fiber according to a method of the invention; Figs. 3 and 4 depict an interposing state of fiber chips mixed according to the method of the invention; and Figs. 5 and 6 are concrete examples of the method of the invention.

1, 3 ... Reinforcing fiber, 4 ... Fiber chip, 5 ... Roving, 6 ... Cutter, 7 ... Blower.

25 Fig. 1

Tensile stress

Tensile strain

①日本国特許庁
公開特許公報

① 特許出願公開
昭54—3879

⑤Int. Cl.² 識別記号 ⑥日本分類 庁内整理番号 ④公開 昭和54年(1979)1月12日
B 29 G 5/00 25(5) J 2 6704—4F
B 32 B 7/04 25(9) D 12 7188—4F 発明の数 1
審査請求 未請求

(全 3 頁)

④複合材料の層間強度向上方法

②特 願 昭52—67877
②出 願 昭52(1977)6月10日
⑦発 明 者 渡邊道弘
土浦市神立町502番地 株式会

社日立製作所機械研究所内
⑦出 願 人 株式会社日立製作所
東京都千代田区丸の内一丁目5
番1号
⑦代 理 人 弁理士 薄田利幸

明 細 書

1. 発明の名称 複合材料の層間強度向上方法

2. 特許請求の範囲

マトリクスに強化物を入れた複合材料の層間に、
繊維チップを混入して、前記層間の強度を向上す
るようにしたことを特徴とする複合材料の層間強
度向上方法。

3. 発明の詳細な説明

本発明は、マトリクスに強化物を入れた複合材
料の層間強度向上方法に関するものである。

複合材料の中で、連続繊維でマトリクスを強化
した場合、繊維方向に荷重がかかると、この荷重
の大部分を繊維が負担するため、強度的には非常
に勝れたものとなる。しかしながらこれと直角方
向の強度は、繊維が強度を全く負担せず、繊維と
マトリクスとの接着強さが全体の強度を支配する。
また積層材の積層方向の強度についても同じこと

がいえ。一方向強化FRPの繊維方向およびそ
れと直角方向(層間方向)の引張応力ひずみ線図
を模式的に第1図に示す。この図においてAは繊
維方向の応力—ひずみ線を、Bは層間方向の応力
—ひずみ線であり、層間方向の荷重が作用した場
合、層間強度は小さいことが分かる。

このような低い層間強度を少しでも向上させる
方法として、従来、強化繊維の表面を表面処理剤
によつて平滑化し、この強化繊維と樹脂マトリク
スとの接着漏れ性を改善するという方法と、予圧
力によつて層間界面を圧着させる方法等が行なわ
れていた。

前記の表面処理剤によつて繊維表面の接着漏れ
性を改善するという方法は特別なものでなく、現
在では殆んど繊維素材に採用されている。しか
しながら、処理を殆んどしていないものと比べて
層間強度の向上は微々たるものである。また圧着
方法についても同様であつた。

本発明の点にかんがみ、複合材料の層間強度、
すなわち一方向強化複合材料の繊維と直角方向の

J字加入

強度を改善することを目的とする。

本発明の特徴とするところは、従来、フィラメントワインディング法でも、積層法でも繊維方向の配慮は十分なされているが、それと直角方向の強度に関しては、関心が薄く、一方向に繊維を配向したまゝであつた。これは一方向に最も強度的に弱い界面が並ぶので、この最弱部からき裂が発生すると、そのまゝ界面に沿つて伝播するため、き裂の進展阻止抵抗が小さかつた。このため、配向された繊維の上に、繊維のチップ（チョップドストランドの短か目のもの）をばらまいて、き裂の進行方向を防げるようにしたものである。

以下本発明の実施例を図面に従つて説明する。

A₂合金ベースにサファイヤ（Al₂O₃）ウイスカを強化材として用いたり、また炭素繊維にSiCをコーティングし、これをマトリクス中におき、最適な熱処理条件を与えると、第2図に示すように繊維1からさらに結晶2が成長する。このような強化繊維に繊維チップを用いると単に繊維方向のみならず、成長した繊維方向にも、強度を高め

5をカッタ6で削つて繊維チップ4を作り、この繊維チップ4を強化繊維3に投入していき、同時に強化繊維3を巻き込めば良い。

また第6図に示す積層加圧法による場合には、積層状の半硬化状態の強化繊維3の間にプロア7で繊維チップ4を吹きつけた後、この工程を繰返し、加圧して硬化させる。この方法では繊維チップ4を入れないものに比べて、層間がわずかに大きくなるため、強化繊維3の体積含有率が若干減り、繊維方向の強度がやゝ落ちる。しかしながら、現状で使用される複合材の部材で、繊維方向の高強度を十分に生かしきつていているという例では皆無である。この観点から層間強度の向上はそれらを補つてあまりあるものである。

なお、層間強度を上げる方法として、近年、三次元織物が開発されているが、コスト高であるのみならず、繊維方向の強度が繊維の屈曲による応力集中により半減するため、本発明の方法は良好であるといえる。

以上説明したように、本発明によれば複合材を

ることができる。

またFRPなどの強化材としてよく用いられる硝子繊維の場合には非晶質であるので前述したような結晶の成長は望めない。このため繊維の層間に発生するき裂の進展を防げるために例えば第3図に示すフィラメントワインディング法および第4図に示す積層法における一方向強化繊維3の平坦繊維層間に強化材である繊維チップ4をランダムに介在させる。このようにすれば強度的に最も弱い面が一直線状にならず複雑な経路となる。また、この繊維チップ4ある程度の強度により初性値が増加する。そして繊維チップ4の混入により繊維チップ4の長手方向が強化繊維3と直角となれば最も理想的であるがこのように配向するのは製法上難しい。しかしながら繊維チップ4をランダムに配向したとしても界面の強度を上げるには十分である。

つぎに繊維チップ4を混入する具体的な方法を第5図および第6図に示す。

第5図に示すフィラメントワインディング法による場合は、ワインディングの工程でローピング

強度部材に適用するにあつて、最も陰路となつている層間強度を従来のものに比べて大幅に向上させることができる。これによつて用途が拡大され、また生産コストも従来と変わらず、他の特徴もそのまま保持し得るので実用的効果は大である。

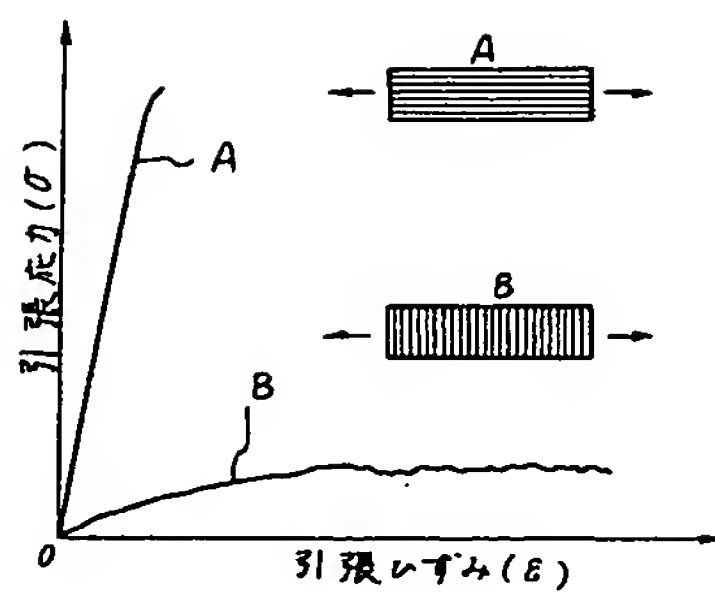
4. 図面の簡単な説明

第1図は従来の一方向強化FRPの引張応力-ひずみ挙動を示す線図、第2図は本発明の方法に係る結晶性繊維の結晶の成長状態を示す図、第3図および第4図は本発明の方法によつて混入される繊維チップの介在状態を示す図、第5図および第6図は本発明の方法の具体例を示す図である。

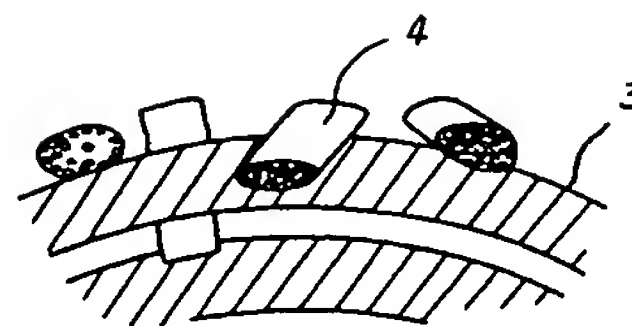
1、3…強化繊維、4…繊維チップ、5…ローピング、6…カッタ、7…プロア。

代理人 弁理士 薄田利幸

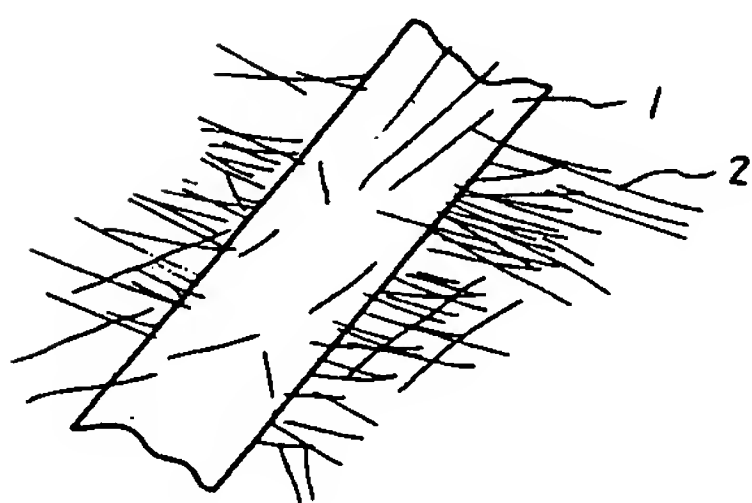
第 1 図



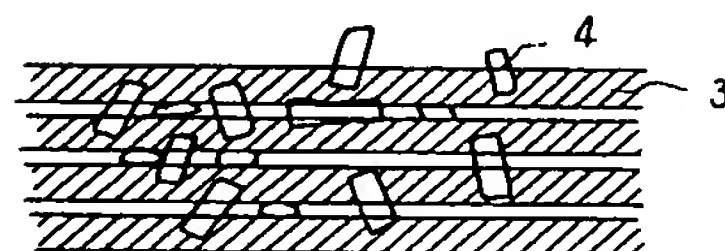
第 3 図



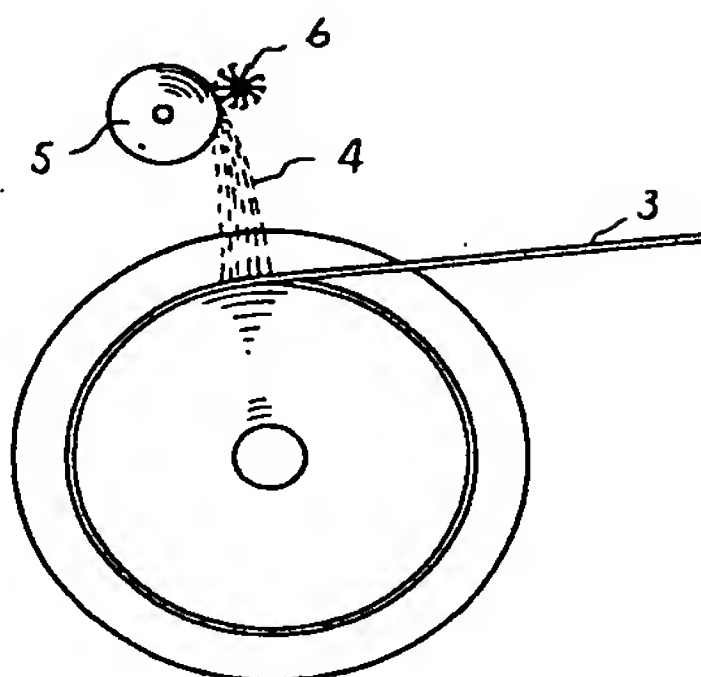
第 2 図



第 4 図



第 5 図



第 6 図

